

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

KARLO ROČIĆ

TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE BETONSKIH ELEMENATA

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

KARLO ROČIĆ

TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE BETONSKIH ELEMENATA

TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF CONCRETE
ELEMENTS

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

mr. sc. Vladimir Križaić, pred.

ČAKOVEC, 2017.

ZAHVALA

Zahvaljujem dragom mentoru mr. sc. Vladimiru Križaiću te voditelju tvornice montažnih elemenata „Lavčević d.o.o.“ ing. Antoniju Babiću na usmjeravanju prilikom pisanja ovog završnog rada.

Karlo Ročić

SAŽETAK

Tema završnog rada je tehnološki proces izrade betonskih elemenata. Završni rad je podijeljen na nekoliko dijelova koji zajedno čine cjelinu.

Započinje prikazom povijesti primjene armiranog betona u građevinarstvu, nakon čega su navedeni svi sudionici prema zanimanjima koji sudjeluju u procesu proizvodnje, kao i svi strojevi i uređaji. Detaljno je opisana uloga svakog sudionika te djelokrug njegovih poslova i cilj njihovih aktivnosti. Opisani su uređaji i strojevi, kao i svrha njihove primjene i korištenja te njihove tehničke karakteristike. U drugom dijelu detaljno je prikazan redoslijed tehnološkog procesa izrade betonskih elemenata koji se sastoji od niza slijednih aktivnosti, prema točno određenom redoslijedu. Proces započinje izradom tehnološke dokumentacije, nastavlja se dobavom dovoljne količine svih potrebnih materijala. Nakon toga se pristupa izradi i pripremi oplata i kalupa za korištenje te izradi i umetanju armaturnih koševa te po potrebi toplinske izolacije u oplatu. Kalup se nakon navedenih procesa puni betonom uz istovremeno vibriranje kalupa i betona unutar kalupa vibratorima kako bi se postiglo izlaženje zraka iz svježje betonske mase. Po završetku ulijevanja betona u kalupe i potrebnog vibriranja nakon proteka propisanog vremena pristupa se njegovanju betona. Gotovi se elementi nakon dostizanja potrebne čvrstoće transportiraju specijalnim vozilima na mjesto ugradnje, gdje se sastavljaju u cjelinu. U završnom dijelu druge cjeline rada detaljno je opisan tehnološki proces proizvodnje krovnog nosača te je shemom prikazana organizacija s rasporedom strojeva i uređaja u tvornici betonskih elemenata. U trećem dijelu završnog rada načinjen je osvrt u kojem su nabrojane prednosti i nedostaci montažnog načina gradnje, s ciljem usporedbe montažnog prema klasičnom načinu gradnje. Iza navedenog, rad se osvrće i na ekonomsku održivost procesa proizvodnje betonskih elemenata te navodi praćenje novih tehnologija i ekonomije tržišta kao najbitnije odrednice održivosti proizvodnje. Rad se zaključuje konstatacijom kako su montažni betonski elementi u suvremenoj gradnji gotovo nezamjenjivi u nekim područjima građenja ovisno o osobitostima i zahtjevima specifičnog projekta.

Ključne riječi: beton, montažni betonski elementi, tvornica betonskih elemenata, proizvodnja betonskih elemenata, proizvodnja krovnog nosača

SADRŽAJ

1. UVOD	7
<i>Slika 1.1 Armiranobetonska greda u kojoj je beton naprezan na tlak, a čelik na vlak</i>	7
<i>Slika 1.2 Patent J. Moniera iz 1867. godine</i>	8
<i>Slika 1.3 Tvornica betonskih elemenata „Lavčević“ u Splitu</i>	9
2. CILJ RADA	9
3. MATERIJALI I METODE	10
3.1. STRUKE KOJE SUDJELUJU U POSTUPKU PROIZVODNJE BETONSKIH ELEMENATA	10
3.1.1. ARMIRAČ	10
<i>Slika 3.1 Armirač</i>	11
3.1.2. BETONIRAČ	11
3.1.3. BRAVAR	11
3.1.4. INŽENJER GRAĐEVINE	12
3.1.5. POMOĆNI RADNIK	12
3.1.6. PROJEKTANT	12
3.1.7. STROJAR (DIZALIČAR)	13
3.1.8. TESAR	13
<i>Slika 3.2 Tesari izrađuju oplatu</i>	14
3.2. STROJEVI I UREĐAJI KOJI SE KORISTE U PROCESU PROIZVODNJE BETONSKIH ELEMENATA	14
3.2.1. CO ₂ LASERSKI REZAČ	14
<i>Slika 3.3 CO₂ laserski rezač</i>	15
3.2.2. UREĐAJ ZA MIG ZAVARIVANJE	15
<i>Slika 3.4 Uređaj za MIG zavarivanje</i>	16
3.2.3. KUTNA BRUSILICA	16
<i>Slika 3.5 Kutna brusilica</i>	16
3.2.4. PRECIZNA KRUŽNA PILA	17
<i>Slika 3.6 Precizna kružna pila</i>	17
3.2.5. POTEZNA KRUŽNA PILA	17
<i>Slika 3.7 Potezna kružna pila</i>	18
3.2.6. VIBROSTOLOVI	18
<i>Slika 3.8 Vibrostol</i>	18
<i>Slika 3.9 Dijelovi vibrostola</i>	19

3.2.7. MOSNA DIZALICA	19
<i>Slika 3.10 Mosna dizalica</i>	20
3.2.8. TORANJSKA DIZALICA	20
<i>Slika 3.11 Toranjska dizalica</i>	21
3.2.9. TORANJSKA AUTODIZALICA	21
<i>Slika 3.12 Toranjska autodizalica</i>	22
4. REDOSLIJED POSTUPAKA U TEHNOLOŠKOM PROCESU IZRADE BETONSKIH ELEMENATA	22
4.1. PROJEKTANTIRANJE BETONSKOG ELEMENTA.....	22
4.2. DOBAVA ARMATURE.....	22
4.3. IZRADA OPLATE	23
<i>Slika 4.1 Izrada oplate nosača za grede</i>	23
4.4. POSTAVLJANJE TOPLINSKE IZOLACIJE U KALUP	24
4.5. PROIZVODNJA BETONA	24
<i>Slika 4.2 Tvornica betona</i>	25
4.6. TRANSPORT BETONA.....	25
<i>Slika 4.3 Auto-miješalica s pumpom za beton</i>	26
4.7. VIBRIRANJE BETONA.....	27
<i>Slika 4.4 Dijagram ovisnosti granulometrijskog sastava o vremenu vibriranja</i>	27
4.8. NJEGA BETONA.....	28
<i>Slika 4.5 Ilustrirani prikaz njege betona vodom</i>	28
4.9. TRSPORT BETONSKIH ELEMENATA.....	28
<i>Slika 4.6 Kamion s prikolicom za dugačke terete.....</i>	29
4.10. UGRADNJA BETONSKIH ELEMENATA	29
<i>Slika 4.7 Čelična kuglica na betonskom elementu.....</i>	29
5. PRIMJER TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADA GLAVNOG KROVNOG NOSAČA.....	30
5.1. OPIS POSTUPKA IZRADA GLAVNOG KROVNOG NOSAČA	30
<i>Slika 5.1 Priprema kalupa za sekundarne krovne nosače.....</i>	30
<i>Slika 5.2 Ručni vibrator</i>	31
<i>Slika 5.3 Primjer označavanja finalnog proizvoda</i>	32
5.2. SHEMATSKI PRIKAZ TVORNICE BETONSKIH ELEMENATA I TEHNOLOŠKA SHEMA PROIUVODNJE	32
<i>Slika 5.4 Shematski prikaz tvornice betonskih elemenata</i>	32

<i>Slika 5.5 Tehnološka shema proizvodnje betonskih elemenata</i>	<i>33</i>
6. PREDNOSTI I NEDOSTACI MONTAŽNOG GRAĐENJA	34
6.1. PREDNOSTI MONTAŽNOG GRAĐENJA	34
6.2. NEDOSTACI MONTAŽNOG GRAĐENJA	34
7. ODRŽIVOST PROCESA PROIZVODNJE BETONSKIH ELEMENATA.....	35
8. ZAKLJUČAK.....	36
9. POPIS LITERATURE.....	37

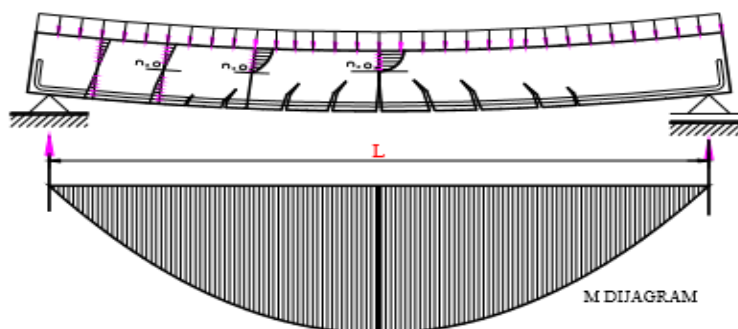
1. UVOD

Među građom koja je kroz povijest korištena, ili se danas koristi u graditeljstvu, jedna od najznačajnijih uloga pripada betonu. Po funkcionalnosti, jednostavnosti primjene, ekonomičnosti i konstruktivnim dometima znatno nadmašuje usporedne mogućnosti druge građe.

Beton je mješavina cementa, agregata (koji se sastoji od šljunka i pijeska), vode i dodataka. Voda izaziva reakciju s cementom te kemijskim procesom hidratacije nakon miješanja i ugradnje beton očvršćuje. Tijekom procesa očvršćivanja beton razvija određena svojstva od kojih su najbitnija tlačna i vlačna čvrstoća, vrlo mala propusnost vode te kemijska i volumenska stabilnost.

Beton današnjih svojstava i suvremenog načina proizvodnje i primjene relativno je nov materijal, ali mu je povijest vrlo, gotovo nevjerojatno duga i zanimljiva. Često se tvrdi da je otkriven tek u XIX st., s druge pak strane, arheološka istraživanja nedvojbeno pokazuju da je bio poznat i široko primjenjivan u Rimskom Carstvu. Najnovija istraživanja dokazuju njegovu prisutnost u graditeljstvu nekih civilizacija kamenoga doba. [1]

Razvojem građevne tehnike i sve širom primjenom betona u izvedbi raznih objekata spoznalo se da beton u kombinaciji s čelikom može preuzeti znatna naprezanja na vlak. U kombinaciji betona i čelika kod nekih elemenata napregnutih na savijanje iskorištavaju se istovremeno odlična svojstva betona na tlak i čelika na vlak. U takvoj kombinaciji beton preuzima sva tlačna naprezanja, a čelik sva vlačna naprezanja što je prikazano na slici 1.1. [2]

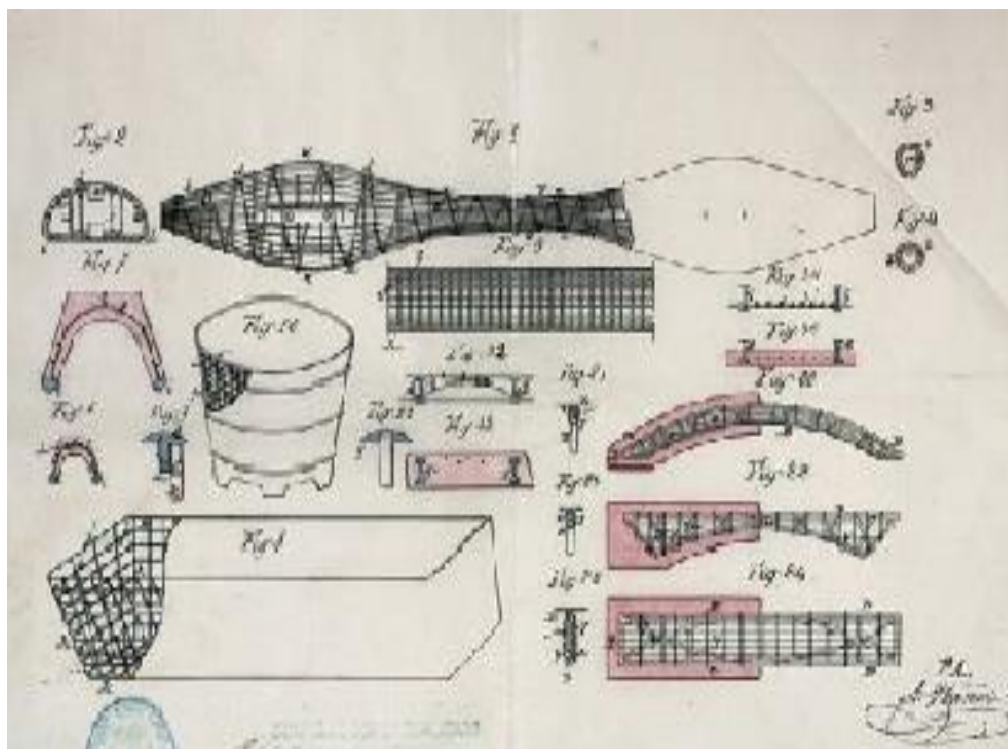


Slika 1.1 Armiranobetonska greda u kojoj je beton naprezan na tlak, a čelik na vlak. [3]

Zajedničko djelovanje čelika i betona, koji su po svojoj biti vrlo različiti materijali, omogućeno je zahvaljujući čvrstoj prionjivosti betona za čelik, a to se postiže reljefnom površinom čeličnih šipki (uglavnom rebrasto).

Zajedničko djelovanje čelika i betona vremenski je djelotvornije što je bolja zaštićenost čelika u betonu od utjecaja atmosferskih djelovanja. Zbog toga se u kombinaciji čelika i betona čelik štiti što gušćim betonom i drugim zaštitnim slojevima betona. [4]

U Francuskoj se 1850. godine prvi put primjenjuje kombinacija željeza i betona. Jean Joseph Louis Lambot izrađuje čamac od betona isprepleten žicom, zatim 1861. godine Francois Coignet predlaže svoj izum za međukatne konstrukcije, svodove i cijevi, koje su također bile zasnovane na zajedničkom djelovanju betona i čelika. Iako se znalo za te pronalazače, dugo se službeno tvrdilo da je prvi pronalazač armiranog betona francuski vrtlar Joseph Monier samo zbog toga što je prvi 1867. godine patentirao izradu vrtlarskih posuda. Patent je prikazan na slici 1.2. Posude su izrađene od žičane mreže, a s obje su strane bile obložene cementnim mortom. [5]



Slika 1.2 Patent J. Moniera iz 1867. godine. [6]

Svojom današnjom visokom kvalitetom armirani beton omogućuje ostvarenje najsloženijih ideja, bogatstvo oblika i konstrukcija.

U graditeljstvu armirani beton se koristi i za izradu predgotovljenih elemenata konstrukcije kao što su temelji, stupovi, zidovi i ploče. Mogu biti proizvedeni na samom gradilištu ili u tvornici betonskih elemenata.

Tvornice betonskih elemenata imaju široku paletu proizvoda od betona ili armiranog betona ovisno o specijalizaciji tvornice. Tvornica se može specijalizirati za izradu betonskih elemenata (prikazanoj na slici 1.3) koji se koriste u visokogradnji (stupovi, nosači), niskogradnji (rubnjaci, opločnici) ili pak za svakodnevnu uporabu (posude za cvijeće).



Slika 1.3 Tvornica betonskih elemenata „Lavčević“ u Splitu. [7]

2. CILJ RADA

Cilj ovog rada je opisati tehnološki proces tvornice betonskih elemenata te uređaje i alate koji se koriste u procesu proizvodnje. Potrebno je napraviti shematski prikaz postrojenja i navesti primjenu betonskih elemenata u graditeljstvu.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. STRUKE KOJE SUDJELUJU U POSTUPKU PROIZVODNJE BETONSKIH ELEMENATA

- Armirač
- Betonirač
- Bravar
- Inženjer građevine
- Pomoćni radnik
- Projektant
- Strojari
- Tesar

3.1.1. ARMIRAČ

Beton mora biti čvrst i elastičan. Da bi se to postiglo, u betonske elemente i konstrukcije za razne građevine stavljaju se na poseban način pripremljene i povezane šipke armaturnog željeza. Upravo to je posao armirača. Oni prema nacrtima režu, savijaju, povezuju i postavljaju željezne šipke koje se potom kalupima “zalijevaju” mješavinom cementa, šljunka, vode i po mogućnosti još nekih dodataka. Tako nastaju elementi i konstrukcije od armiranoga betona. Armirači mogu raditi u posebnim pogonima za proizvodnju armatura i armiranobetonskih elemenata, a mogu raditi i na gradilištima – neposredno pripremati i ugrađivati armaturno željezo. Na početku svoga posla armirači se upoznaju sa zadatkom, utvrđuju dimenzije i količinu materijala. Materijal čiste, režu i savijaju pomoću ručnih alata ili posebnih strojeva. Na kraju ga postavljaju u kalupe (oplate), povezuju u sklopove i učvršćuju.

Radni uvjeti armirača ovise o tomu rade li u pogonima ili neposredno na gradilištu kao što prikazuje slika 3.1. Dakako, izloženost vremenskim utjecajima kiši, vjetru, hladnoći, vrućini kao i kod većine građevinskih zanimanja na gradilištu je znatno veća nego u pogonu. Radni uvjeti armirača, dakle, dosta su teški i nepovoljni.



Slika 3.1 Armirač. [8]

3.1.2. BETONIRAČ

Zanimanje betonirca gotovo je isto kao i zanimanje armirača. Betonirač posjeduje znanje iz poznavanja materijala i sredstava rada te mora znati “čitati” nacрте.

3.1.3. BRAVAR

Bravari izrađuju dijelove metalnih konstrukcija, obrađuju limove, metalne profile i cijevi te izvide razne montažne radove na građevinskim objektima. Završni proizvodi bravarskog posla jesu: ograde, metalni prozori i vrata, metalni namještaj, dijelovi postrojenja. Bravari koji su zaposleni kod obrtnika ili imaju vlastiti obrt izrađuju maloserijske metalne predmete ili dijelove sklopova.

Ovisno o vrsti završnog proizvoda, bravari obavljaju ove radne operacije: ručno ili strojno režu, ravnaju, turpijaju, ručno ili strojno savijaju, bruse, kuju, buše, ručno ili strojno narezuju navoje, vare postupkom elektrozavarivanja, montiraju sklopove, oštре različite alate, boje temeljnom bojom. U radu upotrebljavaju raznovrstan alat i strojeve – čekićе razne težine, pilu za željezo, turpije, metar, pomično zacrtkano mjerilo, mikrometar, kutomjer, ručnu električnu bušilicu, stupnu električnu brusilicu, stroj za rezanje čeličnih profila, stroj za savijanje limova i elektroaparate za zavarivanje i točkasto zavarivanje.

3.1.4. INŽENJER GRAĐEVINE

Građevinski inženjeri planiraju i nadziru izgradnju različitih objekata. To mogu biti objekti niskogradnje (ceste, željezničke pruge, tuneli, mostovi), hidrogradnje (luke, brane, hidrocentrale, kanalizacije) i visokogradnje (stambeni i industrijski objekti). Sudjeluju u svim fazama nastajanja objekta.

U samom početku izgradnje objekta, s obzirom na mjesto građenja, materijal i novac, definiraju tehnologiju građenja i rješavaju probleme u izvođenju radova. Nakon toga statičkim proračunima provjeravaju i dokazuju sigurnost i stabilnost objekta. Na kraju sve zamisli prikazuju u detaljnom nacrtu. Za izradbu nacrtu služe se crtačim priborom (olovka, papir, trokuti, rapidografi). U današnje vrijeme sve se više rabe računala, kako za izradbu nacrtu, tako i za proračune. Prema potrebi izrađuju se troškovnici cjelokupne izgradnje.

Navedeni poslovi odnose se na projektante konstrukcija, projektante tehnologije i organizacije građenja. Međutim, inženjeri građevine mogu raditi i kao nadzornici gradilišta ili kao rukovoditelji radova i građenja, konzultanti, predavači i profesori na fakultetima. Osim željama pojedinca, radno mjesto inženjera građevine određeno je i stupnjem obrazovanja.

3.1.5. POMOĆNI RADNIK

Pomoćni radnik je pripomoć zidarima, tesarima, betonircima, izolaterima, armiračima i krovopokrivačima u procesu izvođenja pojedinih radova te u transportu materijala.

3.1.6. PROJEKTANT

Projektant je fizička osoba koja ima ovlaštenje za poslove projektiranja. Projektant je odgovoran da projekti koje izrađuje zadovoljavaju uvjete Zakona o prostornom uređenju i gradnji te posebnih zakona te drugih propisa.

Pravo na obavljanje poslova projektiranja prema Zakonu o prostornom uređenju i gradnji ima samo osoba koja nosi strukovni naziv „ovlašteni arhitekt“

ili „ovlašteni inženjer“, a koji stječe upisom u imenik ovlaštenih arhitekata odnosno inženjera Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu.

3.1.7. STROJAR (DIZALIČAR)

Rukovatelji strojevima za prijenos materijala premještaju raznovrstan materijal i robu unutar industrijskih pogona, gradilišta ili skladišta te pri pretovaru brodova, kamiona ili zrakoplova. Dije se prema mjestu rada i vrsti strojeva kojima upravljaju.

Dizaličari upravljaju različitim vrstama dizalica. U industrijskim su pogonima male radioničke dizalice i veće mostovne dizalice s kabinom. Na gradilištima se nalaze toranjske dizalice, a u lukama i brodogradilištima tzv. portalne dizalice. Na početku rada dizaličar oslobađa dizalicu, ukapča sklopku za dovod struje i provjerava ispravnost dizalice – čeličnog užeta, vitla, kočnica i ostale opreme. Na pozivni znak ovlaštene osobe, vezivača tereta, dizaličar spušta na potrebno mjesto čelično uže s kukom. Kad je teret vezan, oprezno ga podiže – opet na znak vezivača tereta – i prenosi na određeno mjesto. Upravljačkim ručicama i pedalama mogu se pritom izvoditi različiti manevri: na mosnoj dizalici – vožnja mosta uzduž hale, vožnja “mačke” po širini hale te dizanje i spuštanje kuke, a na portalnoj još i rotacija grane (okretanje kabine i grane oko osi). Radi bržeg rada i izbjegavanja zapreka dizaličar koji put izvodi dva ili čak tri manevra istodobno.

Teret prenosi oprezno, pazeći da se ne ljulja. Pri tome izbjegava i zapreke i mjesta gdje se nalaze ljudi. Teret treba spustiti vrlo polako, dobro procjenjujući udaljenost od tla. Nakon što su vezivači oslobodili teret, dizaličar vraća kuku po novi teret. Kad završi posao, sidri dizalicu i iskapča dovod struje.

3.1.8. TESAR

Tesari izrađuju oplata kao što je vidljivo na slici 3.2 te razne građevne konstrukcije. To su uglavnom drvene konstrukcije pri gradnji mostova, cesta, brodova, tvorničkih hala i različitih zgrada. Pretežit dio posla na zgradama čini izrada krovnih konstrukcija.

Nakon što odrede radni zadatak, tesari na temelju tehničko-tehnološke dokumentacije odabiru potrebne materijale, alate i strojeve. U prvom redu pripremaju konstrukcijske elemente, koje zatim spajaju u jedinstvene cjeline. Pri tomu je važno da posao bude dobro isplaniran te da mjerenje i obilježavanje elemenata bude precizno. Elemente spajaju u cjeline uglavnom čavlima, vijcima i metalnim okovima. U radu se služe raznim materijalima. Najčešći to su drvo, kovine, plastika i drugi zamjenski materijali. U pripremnoj radnoj fazi tesari rabe razne strojeve za obradu drva, kao što su pile, blanjalice, brusilice i bušilice.

Budući da tesari izrađuju konstrukcije koje su bitne za stabilnost i sigurnost određenih građevina i ljudi koji na njima rade, libelama, viskovima i drugim mjernim instrumentima prijeko je potrebno stalno nadzirati kakvoću izrade. U te poslove ulazi i izrada skela kojima se osiguravaju radnici koji rade na visini, poput njih samih. Tesari najčešće izrađuju velike i zamršene konstrukcije, i to najprije u dijelovima, koje potom spajaju u cjeline. Dio poslova mogu obavljati na tlu, a najveći dio izvode na visini.



Slika 3.2 Tesari izrađuju oplatu. [9]

3.2. STROJEVI I UREĐAJI KOJI SE KORISTE U PROCESU PROIZVODNJE BETONSKIH ELEMENATA

3.2.1. CO₂ LASERSKI REZAČ

CO₂ laserski rezač - princip rada temelji na mješavini plinova koji se električki stimuliraju, a rezultat čega je stvaranje laserske zrake. Valnom duljinom zrake od

10.6 mikrometara, laserska zraka spada u grupu infracrvenog zračenja čime je nevidljiva oku. Međutim, parametri koji se razvijaju prilikom miješanja plinova omogućuju rezanje metala poput inoksa, čelika i aluminija. Lasersko rezanje metala pomoću CO₂ laserskog rezača smatra se najekonomičnijom tehnikom rezanja. Laserski rezač u procesu proizvodnje betonskih elemenata koristi se za rezanje metalne oplata kod izrade specifičnih oblika kalupa kao što je vidljivo na slici 3.3. [10]



Slika 3.3 CO₂ laserski rezač. [11]

3.2.2. UREĐAJ ZA MIG ZAVARIVANJE

Zavarivanje MIG postupkom ili elektrolučno zavarivanje taljivom žicom u zaštiti neutralnog (inertnog) plina je vrsta elektrolučnog zavarivanja. To je poluautomatski ili automatski postupak zavarivanja, koji koristi stalno dovođenje gole žice kao elektrode za zavarivanje, a zaštićen je inertnom (neutralnom) ili poluinertnom mješavinom zaštitnih plinova (Ar), kako bi se zaštitio zavareni spoj od zagađenja. Postupak je brži od ručnog elektrolučnog zavarivanja. Elektroda je ujedno i dodatni materijal koji je obično istorodan s osnovnim materijalom koji se zavaruje. [12]

U procesu proizvodnje betonskih elemenata koristi se za spajanje dijelova metalne oplata kod izrade specifičnih oblika kalupa.



Slika 3.4 Uređaj za MIG zavarivanje. [13]

3.2.3. KUTNA BRUSILICA

Brušenje je proizvodni postupak strojne obrade odvajanjem čestica koji skida promjenjiv presjek strugotine. Postupak se koristi kao jedan od tipova završne obrade, jer njime postizemo veliku točnost i kvalitetu površine uskih tolerancija. Fino brušenje postiže stupanj hrapavosti od N3 do N5 i tolerancije u razredu od IT5 do IT6. Osnovna svojstva brušenja su velike glavne brzine rezanja, uz male posmične brzine i alat bez geometrije, a oblik alata je različit i neujednačen. Glavna podjela brušenja je na strojno i ručno brušenje.

U tehnologiji proizvodnje betonskih elemenata postupak brušenja nalazimo kod izrada oplata. Na mjestima spojeva oplata javljaju se nakupine kao posljedica MIG zavarivanja. Nakupine se moraju ukloniti postupkom brušenja kako bi spojevi na oplati bili čisti.



Slika 3.5 Kutna brusilica. [14]

3.2.4. PRECIZNA KRUŽNA PILA

Precizne kružne pile mogu biti radijalne (cirkulari) ili aksijalne (krunske). Kod radijalnih kružnih pila, koriste se izvinuti zupci za piljenje drvenih predmeta. Česta izvedba kružnih pila je s umetnutim zubima od kvalitetnijeg čelika ili tvrdih metala, što se najčešće koristi kod skupih listova pile velikih promjera.

U tehnološkom procesu izrade betonskih elemenata koristi se za oblikovanje letvica koje služe kao umetci na rubnim dijelovima čelične oplata kako bi se dobio konusni rub na betonskom elementu.



Slika 3.6 Precizna kružna pila. [15]

3.2.4. POTEZNA KRUŽNA PILA

Potezna kružna pila osigurava brzo, lako, čisto i precizno rezanje drvenih dijelova. Opremljena je listom pile od tvrdog metala i rotacijskim stolom sa preciznom regulacijom kuta od -45° do $+45^\circ$.

Potezna kružna pila se koristi u tehnološkom procesu izrade betonskih elemenata kod postupka skraćivanja te oblikovanja krajeva daske.



Slika 3.7 Potezna kružna pila. [16]

3.2.5. VIBROSTOLOVI

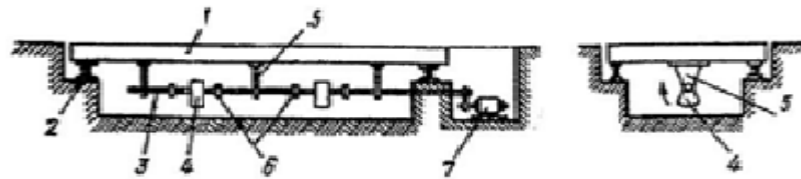
Vibrostolovi najčešću primjenu pronalaze kod predgotovljenih plošnih elemenata. Sastoje se od čelične ploče na elastičnim ležajevima ispod kojih je pričvršćen ekscentar pokretan elektromotorom sa zadaćom da proizvodi vibraciju ploče kao što je vidljivo na slici 3.9. Na ploču se stavlja čelična oplata za oblikovanje prerađevine, a u oplatu sveži beton. Nakon vremena potrebnog za vibriranje oplata se skida, a oblikovan betonski proizvod prenosi se u prostor za stvrdnjavanje, u komoru za zaparivanje ili na prostor za stvrdnjavanje i uskladištenje.



Slika 3.8 Vibrostol. [17]

DJELOVI VIBROSTOLA

1. vibrostol
2. opruga- oslonac
3. osovina vibratora
4. ekscentar
5. držač osovine
6. elastična spojnica
7. elektromotor



Slika 3.9 Dijelovi vibrostola. [18]

DIZALICE

Postoji više vrsta dizalica koje se koriste u pogonima za proizvodnju predgotovljenih betonskih elemenata. Neke od njih mosna dizalica, toranjska dizalica te toranjska autodizalica.

3.2.6. MOSNA DIZALICA

Mosne dizalice koriste se pri manipulaciji najrazličitijim vrstama tereta u proizvodnim halama, radionicama, skladišnim prostorima, energetskim objektima, valjaonicama, ljevaonicama, kod obavljanja tehnoloških procesa, montaže ili demontaže opreme. [19]

Ovisno o potrebnoj nosivosti, mogućnosti ugradnje i rasponu, dijele se na jednogredne, dvogredne ili viseće mosne dizalice. Sve radne kretnje dizalica mogu

biti na elektromotorni pogon (jednobrzinske ili višebzinske), na ručni lančani ili pneumatski pogon. Nadalje, dizalicom se može upravljati putem ovjesnog upravljačkog tipkala koje visi s dizalice ili bežičnim putem pomoću radio daljinskog upravljača. Ugradnjom frekventnih pretvarača moguće je ostvariti finu regulaciju brzine svih pogona. Time se uklanjaju udari prilikom pokretanja, smanjuje trošenje kočnica te pogon postaje znatno tiši.

U tehnološkom procesu proizvodnje betonskih elemenata jedan dio mosta mosne dizalice nalazi se unutar hale što je vidljivo na slici 3.10., a služi za prijenos gotovih betonskih elemenata do drugog dijela mosta koji se nalazi vani te prebacuje gotovi element na transportno vozilo.



Slika 3.10 Mosna dizalica. [20]

3.2.7. TORANJSKA DIZALICA

Toranske dizalice koriste se za prijenos svih vrsta materijala unutar gradilišta posebice u visokogradnji te gradnji ostalih visokih konstrukcija. Sastoji se od okretnog i po potrebi na tračnicama pokretnog tornja na kojemu se nalazi krak (grana, strijela) s opremom za dizanje tereta pomoću užadi. Krak može biti vodoravna grana (po njemu putuje oprema za dizanje) ili kosa strijela okretna u uspravnom smislu (oprema za dizanje ima hvatište na kraju kraka).

Prevladavaju uglavnom toranjske dizalice s vodoravnim granom. Mogu biti slobodne, zatim oslonjene na građevinu te unutar građevine. Postoje prijenosne, uglavnom velike te polupokretne ili samohodne samosastavljajuće manje toranjske dizalice.

Toranjska dizalica u tehnološkom procesu proizvodnje betonskih elemenata koristi se za odlaganje gotovih proizvoda te za istovar armature s kamiona na odgovarajuće mjesto.



Slika 3.11 Toranjska dizalica. [21]

3.2.8. TORANJSKA AUTODIZALICA

Toranjske autodizalice koriste se za prijenos svih vrsta materijala izvan tvornice gradilišta. Sastoji se od vozila i okretnog tornja na kojemu se nalazi krak (grana, strijela) s opremom za dizanje tereta pomoću užadi što je vidljivo na slici 3.12. Krak može biti vodoravna grana (po njemu putuje oprema za dizanje) ili kosa strijela okretna u uspravnom smislu (oprema za dizanje ima hvatište na kraju kraka).

Toranjske autodizalice u procesu proizvodnje betonskih elemenata koriste se za prijenos gotovih elemenata do mjesta za odlaganje.



Slika 3.12 Toranjska autodizalica. [22]

4. REDOSLIJED POSTUPAKA U TEHNOLOŠKOM PROCESU IZRADE BETONSKIH ELELMENATA

4.1. PROJEKTIRANJE BETONSKOG ELEMENTA

Projekt cjelokupne izrade betonskog elementa izrađuje projektant na temelju zakona o prostornom uređenju, gradnji, posebnih zakona te drugih propisa.

Projektant projektira građevinu koja se sastoji od predgotovljenih betonskih elemenata odnosno izrađuje nacрте svih elemenata koji zajedno čine jednu cjelinu. U principu projektant izrađuje arhitektonski projekt i tehničku dokumentaciju, a u suradnji s inženjerom građevine izrađuje projekt izrade oplate te ga detaljno razrađuju.

4.2. DOBAVA ARMATURE

Nakon gotovog projekta izrade betonskog elementa poznata je i količina armature koja se ugrađuje u betonski element. U projektu se nalazi i nacrt i specifikacija armature. Nacrt i specifikacija armature prosljeđuju se tvrtkama specijaliziranim za izradu armaturnih elemenata.

Izrada armaturnih elemenata vrši se u armiračkom pogonu koji je opremljen strojevima za rezanje i savijanje armature.

4.3. IZRADA OPLATE

Oplata je privremena konstrukcija koja se gradi za određenu svrhu, s ograničenim vremenom trajanja.

Oplata je omotač ili kalup neke betonske ili armiranobetonske konstrukcije, što znači da istu mora oblikovati u predviđeni oblik i preuzeti opterećenje od svježe betonske mase. Oplate su nosivosti od 60 do 80 KN/m².

Izrada oplate najbitnija je stavka u cijelom procesu izrade betonskih elemenata. Oplatu prema prethodno izrađenom nacrtu izrađuju bravar i tesar. Oni zajedno izrađuju oplatu iz čeličnih ploča koje režu i kroje prema nacrtima.

Izrada oplate dugotrajan je i složen proces zbog preciznosti koja se traži kod rezanja. Rezanje se vrši CO₂ laserskim rezačem. Nakon rezanja oplata se kroji tako što se spojevi oplate zavare aparatom za MIG zavarivanje, vidljivim na slici 4.1. Kada je okvir oplate gotov i spoj ukrućen, unutarne stranice i spojevi se bruse kako bi se skinula hrđa sa stranica i napravio glatki spoj na uglovima gdje je oplata spojena.

Prije postavljanja izolacije i armature, oplata se tretira oplatnim uljem kako bi se napravio tanak sloj između oplate i izlivenog betona.

U tvornici betonskih elemenata izrađuju se oplate za temelje, stupove, grede, „TT ploče“, „OMNIA“ ploče te glavne i sekundarne krovne nosače.



Slika 4.1 Izrada oplate nosača za grede. [23]

4.4. POSTAVLJANJE TOPLINSKE IZOLACIJE U KALUP

Toplinska izolacija ili termoizolacija je svojstvo opiranja prolasku topline kroz tvari ili prostor. Toplinska izolacija se postiže korištenjem materijala koji imaju nisku provodljivost topline (kondukciju), sprečavanjem gibanja tekućina tj. kapljevina i plinova (čime se sprečava konvekcija) te korištenjem reflektivnih materijala (čime se sprečava prijenos topline toplinskim zračenjem). Toplinska izolacija je bitna u graditeljstvu, jer se njome sprečavaju toplinski gubici zimi, hladne obodne konstrukcije, oštećenja nastalih kondenzacijom (vlagom) te pregrijavanje prostora ljeti. Posljedice nedovoljne toplinske izolacije su oštećenja konstrukcije te neudobno i nezdravo stanovanje i rad. Zagrijavanje nedovoljno izoliranih prostora zahtijeva veću količinu energije, što dovodi do povećanja cijene korištenja i održavanja prostora, ali i do većeg zagađenja okoliša. Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno 40 - 80%.

Toplinska izolacija koja se postavlja u kalup za izradu ploča dolazi u obliku stiropora ili kamene vune. U kalup se najprije ulije beton visine 2,5 cm, zatim se stavlja prvi red izolacije debljine 10 cm s time da se od rubova oplata odmakne za 2,5 cm. Nakon toga izljava se ostatak betona u kalup do visine koja je umanjena za 12,5 cm kako bi se postavio drugi red izolacije od 10 cm i na kraju zaštitni sloj betona od 2,5 cm.

4.5. PROIZVODNJA BETONA

Proizvodnja betona odvija se u tvornici betona odnosno toranjskoj betonari prikazanoj na slici 4.2 koja je sastavni dio postrojenja za proizvodnju betonskih elemenata.

Proizvodnja betona je tehnološki postupak koji zahtijeva traženu kvalitetu i ekonomičnost. Agregat treba zadovoljiti granulometrijski sastav pa se radi sa više frakcija. Cement može biti raznih kvaliteta pa ga treba u tom slučaju odvojeno skladištiti. Voda mora zadovoljiti tehničke zahtjeve.

Tvornica betona potpuno je automatizirana, a njome upravlja program. Za pojedinu traženu vrstu betona programiraju se težinski njegove komponente: cement, agregat po frakcijama, voda, aditivi (po potrebi) te potrebno vrijeme miješanja.

Sastavni dijelovi tvornice betona su: vaga za cement, vaga za agregat, vaga za vodu (vodomjer), vaga za aditive, miješalica sa slobodnim padom, uređaj za mjerenje vlažnosti agregata, uređaj za sprječavanje zgrušavanja cementa u silosima te komandni stol.



Slika 4.2 Tvornica betona. [24]

4.6. TRANSPORT BETONA

Transport svježeg betona znači prijevoz betona od tvornice betona do mjesta ugradnje u oplatu ili kalup.

Transportni betoni su betoni proizvedeni u tvornici betona, a do mjesta ugradnje transportiraju se auto miješalicom vidljivom na slici 4.3 posebno konstruiranim za tu namjenu. Nagnuta kruškolika posuda s betonom u vožnji rotira umjerenom brzinom (2 do 6 rotacija u minuti) i sprečava zbijanje i segregiranje betona.

Prilikom isporuke betona korisniku, proizvođač betona izdaje popratni list (izdatnicu) koji mora sadržavati sljedeće podatke:

- ime proizvođača betona
- datum isporuke betona
- ime kupca, naziv gradilišta
- vrsta betona, marka betona, posebna svojstva očvrslog betona
- isporučena količina betona izražena u kubnim metrima
- vrsta upotrijebljenog agregata
- vrsta upotrijebljenog cementa
- vrijeme (sat i minuta) završetka punjenja transportnog sredstva
- konzistencija betona izmjenjenog u betonari
- vrijeme (sat i minuta) dolaska transportnog sredstva na mjesto ugradnje.



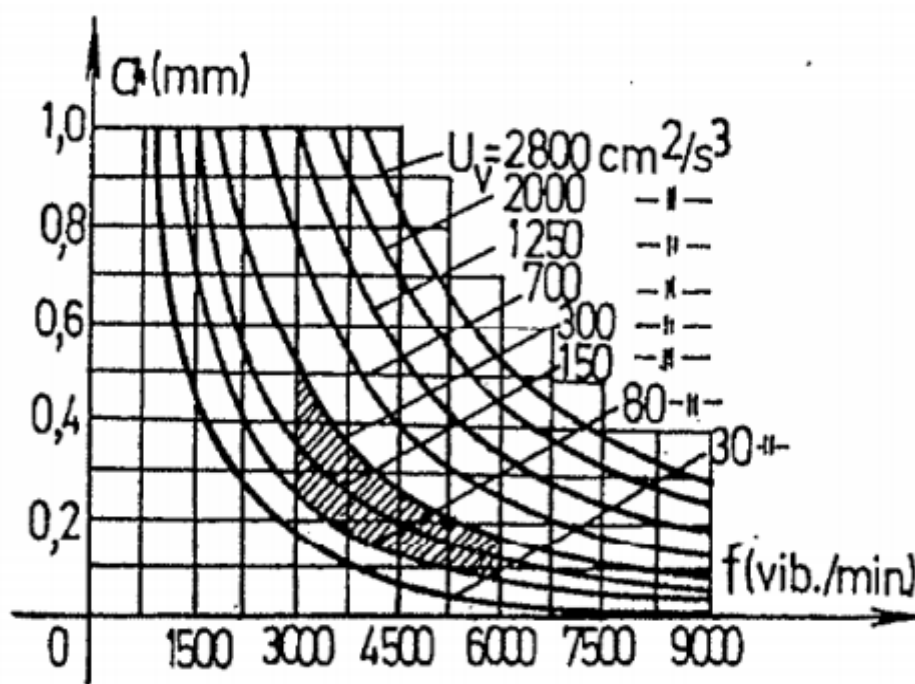
Slika 4.3 Auto-miješalica s pumpom za beton. [25]

4.7. VIBRIRANJE BETONA

Nakon što je beton prethodno izliven u čeličnu oplatu, započinje proces vibriranja betona koje se vrši na vibrostolovima pokretanim elektromotorom na koji je spojen mehanički oscilator.

Vibracije mase betona su u stvari prisilne vibracije čestica betona izazvane upotrebom specijalnih mehaničkih uređaja. Primjenom ovog postupka u masi svježeg betona po pravilu ostaje najviše 1 - 3 % zaostalih mjehurića zraka.

Za svaku betonsku mješavinu postoji optimalna vrijednost amplitude frekvencije osciliranja što je vidljivo na slici 4.4. Tako za beton s krupnim agregatom D_{max} 63 mm potrebna je mala frekvencija i vrlo visoka amplituda vibriranja pa se u takvim slučajevima koriste niskofrekventni vibratori s frekvencijom do 3500 vibracija u minuti i amplitudom do 3 mm. Za betone s agregatom čije je maksimalno zrno agregata 32 mm, koristi se frekvencija od 3500 do 9000 vibracija u minuti i amplitudom od 0.1 do 1 mm. Ukoliko je maksimalno zrno agregata do 10 mm, tada se koristi frekvencija koja dostiže i 20000 vibracija u minuti i amplitudu od 0.1 do 1.0 mm.



Slika 4.4 Tablični prikaz ovisnosti granulometrijskog sastava o vremenu vibriranja. [26]

4.8. NJEGA BETONA

Pod njegovanjem betona se podrazumijeva skup različitih postupaka i mjera koje se poduzimaju u cilju ostvarenja projektiranih mehaničkih karakteristika.

Njgom betona sprječava se isparavanje vode iz betona koja je potrebna za proces hidratacije cementa. Pravilnom njgom sprječava se skupljanje betona i pojava pukotina. Ako beton ne sadrži dovoljno vode za hidrataciju, doći će do „pregorjelog betona”.

Njega se ogleda u neprekidnom polijevanju površine betona vodom ako što je prikazano na slici 4.5. Često ima funkciju hlađenja betona - masivne konstrukcije. Njezi betona treba se pristupiti odmah po vezivanju cementa i treba trajati do 7 dana, tj. do dostizanja 60% MB.

U kontroliranim uvjetima ($RH=50\%$, $T=25^{\circ}C$) beton gubi $0,5 \text{ l/m}^2$ vode. Ako se beton ne njeguje ili nekvalitetno njeguje, ostvari se samo oko 40% zahtijevane MB, površina betona ispuca te brzo dolazi do destrukcije elementa.



Slika 4.5 Ilustrirani prikaz njege betona vodom. [27]

4.9. TRANSPORT BETONSKIH ELEMENATA

Kod transporta betonskih elemenata koristi se specijalan transport odnosno prijevoz do gradilišta. Vršiti se pomoću kamiona i teleskopske poluprikolice vidljivih na slici 4.6. Kod ovog transporta nužna je pratnja vozila „izvanrednog prijevoza”. Ruta prijevoza prethodno je pomno isplanirana.



Slika 4.6 Kamion s prikolicom za dugačke terete. [28]

4.10. UGRADNJA BETONSKIH ELEMENATA

Ugradnja predgotovljenih betonskih elemenata vrši se prema planovima montaže koji se isporučuju naručitelju zajedno s montažnim elementima, a izrađuje ih tehnološko konstruktorska grupa tvornice.

Kod ugradnje betonskih elemenata bitno je naglasiti da se prije montaže elementa na njega ugrađuje čelična kuglica, a na postolje se ugrađuje čelična pločica s udubljenjem za kuglicu što je vidljivo na slici 4.7. Ta metoda omogućuje brzo i lako centriranje betonskog elementa u njegovo postolje.



Slika 4.7 Čelična kuglica na betonskom elementu. [29]

5. PRIMJER TEHNOLOŠKOG PROCESA NA IZRADI GLAVNIH KROVNIH NOSAČA ZA PROJEKTIRANU HALU

5.1. OPIS POSTUPKA IZRADE GLAVNOG KROVNOG NOSAČA

Prva faza tehnološkog procesa izrade je izrada projekta za izradu hale od betonskih montažnih elemenata koji izrađuje projektant. Projekt se izrađuje kompjutorski u programu za tehničko crtanje „AutoCad“. Nakon toga slijedi simulacijsko ispitivanje konstrukcije te se kasnije vrši odabir materijala, beton razreda C25/30 i čvrstoće 30 N/mm² te rebraste armature $\Phi 14$ mm.

U drugoj fazi izrade inženjer građevine planira i razrađuje redoslijed izvođenja radova na betonskim montažnim elementima, naručuje armaturu i beton.

Treća faza izrade sekundarnog krovnog nosača je preinaka univerzalnog čeličnog kalupa za sekundarne krovne nosače na potrebne dimenzije (podešavanje širine i visine kalupa te ugradnja graničnika dužine procesom MIG zavarivanja). Proces je prikazan na slici 5.1.

U četvrtoj fazi izrade na kalup sekundarnog krovnog nosača pričvršćuje se 8 ekscentara pokretanih trofaznim elektromotorima koji služe za vibriranje betona u kalupu kako bi mjehurići zraka napustili betonsku masu. Nakon toga unutarne se stranice čeličnog kalupa premazuju oplatnim uljem, kako bi tanak sloj odvojio kalup od svježe betonske mase.



Slika 5.1 Priprema kalupa za sekundarne krovne nosače. [30]

U petoj fazi armirač izrađuje armaturnu konstrukciju koja je sastavljena od rebrastih čeličnih šipki $\Phi 14$ mm te se sklapa izvan kalupa. Na dno i stranice kalupa stavljaju se plastični graničnici kako bi se armatura koja se stavlja u kalup, odvojila od kalupa za 2,5 cm kako bi se dobio potrební projektirani zaštitni sloj betona.

Šesta faza je ulijevanje svježe betonske mase u čelični kalup. Ulijevanje betona u kalup vrši se preko armiranih gumenih crijeva kroz koje prolazi beton tjeran crpkom iz auto-miješalice. Istovremeno s radnjom ulijevanja betona u kalup koju izvodi betonirač, izvodi se i operacija vibriranja kalupa ekscentrima pokretanim trofaznim elektromotorom te vibriranje svježe betonske mase unutar kalupa ručnim vibratorom vidljivim na slici 5.2 koje vrši pomoćni radnik.



Slika 5.2 Ručni vibrator. [31]

Nakon što je beton uliven u kalup i izvibriran, počinje proces stvrdnjavanja betona te se odmah pristupa njegovanju betona u kojem postupku se beton hladi vodom i pokriva raznim materijalima (juta, folije) kako ne bi naglo gubio vlagu koja je neophodna za kemijsku reakciju vezivanja.

Kada beton odstoji jedan dan u kalupu, započinje sedma faza u kojoj tesar i pomoćni radnik demontiraju oplatu. Prije nego što strojar toranjskom dizalicom premjesti finalni proizvod na mjesto predviđeno za skladištenje gotovih betonskih elemenata, betonski element se označava brojem kao što je vidljivo na slici 4.10 koji je predviđen u projektu kako bi kasnije omogućio monterima sastavljanje konstrukcije.

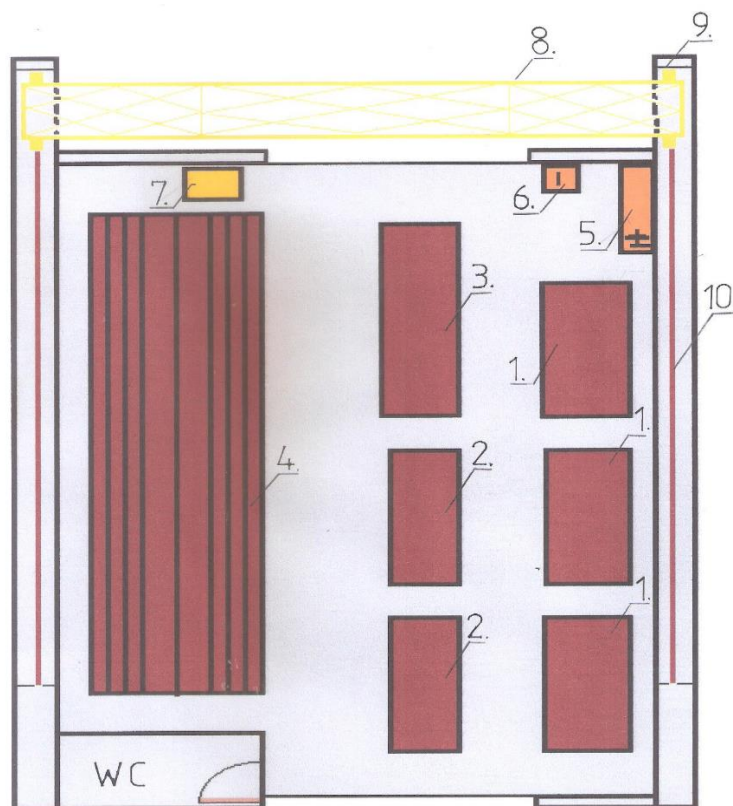


1

Slika 5.3 Primjer označavanja finalnog proizvoda. [32]

5.2. SHEMATSKI PRIKAZ TVORNICE BETONSKIH ELEMENATA I TEHNOLOŠKA SHEMA PROIZVODNJE

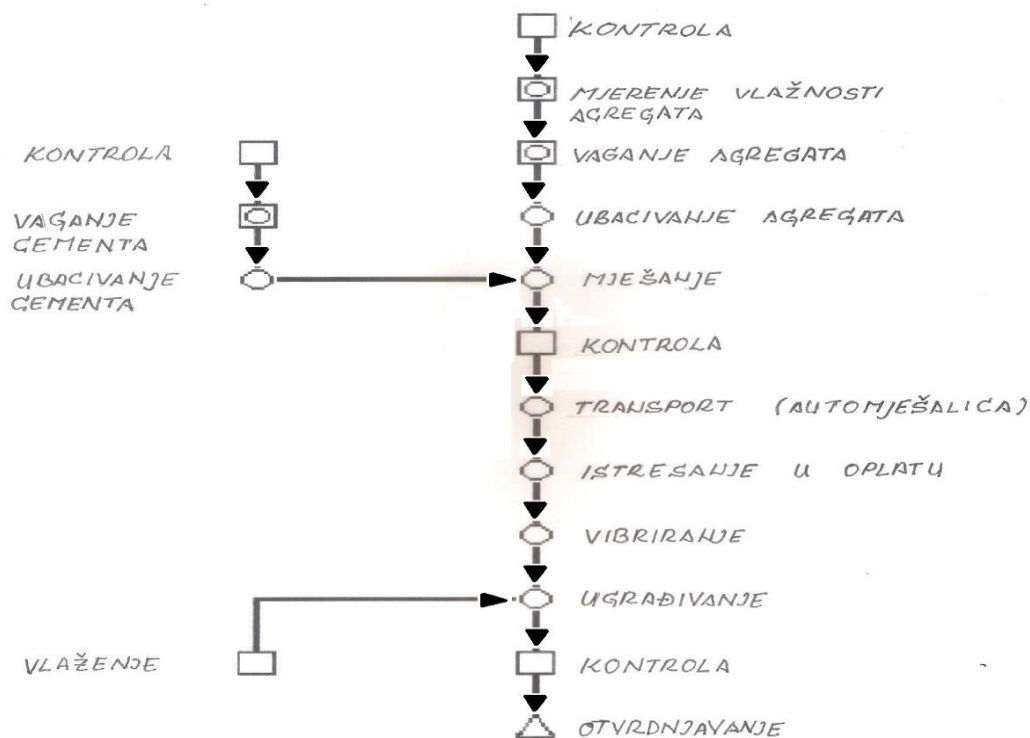
Shematski prikaz tvornice betonskih elemenata daje uvid u raspored strojeva i uređaja koji se nalaze unutar i izvan postrojenja. Svi strojevi i uređaji su numerirani kao što je vidljivo na slici 5.4.



Slika 5.4 Shematski prikaz tvornice betonskih elemenata. [33]

DIJELOVI TVORNICE ELEMENATA:

1. Vibrostol (3 m x 5 m) s 8 vibratora te mogućnosti nagiba do 80°
2. Vibrostol (2 m x 5 m) s 8 vibratora te mogućnosti nagiba do 80°
3. Nepomični vibrostol (2,5 m x 8 m) s 8 vibratora
4. T - T kalup (18m x 6m) s 12 vibratora i hidrauličkim podešavanjem
5. Potezna kružna pila
6. Precizna kružna pila
7. Uređaj za MIG zavarivanje
8. Mosna dizalica
9. Graničnik mosne dizalice
10. Tračna vodilica mosne dizalice



Slika 5.5 Tehnološka shema proizvodnje betonskih elemenata. [34]

6. PREDNOSTI I NEDOSTACI MONTAŽNOG GRAĐENJA

6.1. PREDNOSTI MONTAŽNOG GRAĐENJA

Prednosti montažnog građenja uključuju:

- kraće vrijeme izvođenja
- smanjeni troškovi gradilišta
- ranija gotovost objekta
- kvalitetnija kontrola proizvodnje
- kvalitetniji finalni proizvod
- proizvodnja s pričuvnom radnom snagom
- neovisnost proizvodnje o vremenskim uvjetima
- mogućnost ekonomičnog građenja
- mogućnost poboljšanja estetskog dojma

Kako bi se ostvarile prednosti montažnog građenja, potrebno je:

- dulje vrijeme projektiranja
- obilna tehnička i tehnološka priprema građenja
- viši stupanj organizacije
- bolje planiranje i provedba
- složenija kontrola u svim fazama izvođenja.

6.2. NEDOSTACI MONTAŽNOG GRAĐENJA

Neki od nedostataka montažnog građenja su:

- brojni spojevi smanjuju monolitnost konstrukcije
- veći troškovi transporta i montaže.

7. ODRŽIVOST PROCESA PROIZVODNJE BETONSKIH ELEMENATA

Održivost procesa proizvodnje betonskih elemenata najbitniji je faktor u cijelom procesu proizvodnje. O održivosti proizvodnje ovisi opstanak tvornice i radnika zaposlenih u proizvodnji. Važnu ulogu u održivosti samog procesa ima praćenje napretka tehnologije proizvodnje te primjena iste u pogonu tvornice kako bi se osiguralo optimalno vrijeme, isplativost i kvaliteta proizvodnje.

Nove tehnologije proizvodnje odnose se na veću ekonomičnost strojeva u smislu što veće produktivnosti uz što manju potrošnju energenata. Jedan od ciljeva povećanja ekonomske isplativosti tvornice jest i automatizacija najvećeg mogućeg broja procesa. Praćenje novih tehnologija uključuje i novitete na tržištu sirovina koji kvalitetom opravdavaju svoju cijenu.

Uz primjenu novih tehnologija usko je vezano i praćenje ekonomije tržišta. Trendovi i potrebe tržišta neprestano se mijenjaju. Uvijek postoji zahtjev za što boljom kvalitetom proizvoda uz što nižu cijenu. Osim toga, potrebno je pratiti i aktualnosti na području arhitekture i dizajna na temelju čega je moguće proizvesti elemente oblika koji ispunjavaju potrebu dizajna kao i stabilnosti građevine te sigurnosti iste.

Osim uočavanja novih trendova i potreba tržišta, praćenje ekonomije tržišta odnosi se i na konstantnu potragu za novim klijentima koji su izvor prihoda za tvornicu. Kako bi se to postiglo, potrebno je imati kvalitetan kadar marketinških stručnjaka. Time se osigurava konstantna proizvodnja u tvornici što pak osigurava stalna radna mjesta.

8. ZAKLJUČAK

Nakon izrade završnog rada, detaljnim upoznavanjem s procesom proizvodnje montažnih betonskih elemenata, njihovom primjenom kao i karakteristikama te prednostima i manama u odnosu na klasični način građenja, zaključuje se da se montažni betonski elementi koriste nakon što stručnjaci u projektiranju pojedinih građevina odrede da je njihova primjena opravdana iz određenih razloga. Kod donošenja odluke o njihovoj primjeni koristi se niz parametara. Primjerice, prednosti betonskih montažnih elemenata poput kraćeg vremena izvođenja radova na gradilištu smanjuju trošak gradilišta i ubrzavaju završetak radova što omogućuje konkurentnost u smislu kraćih rokova gradnje i manje ovisnosti o vanjskim čimbenicima. Kvalitetniji finalni proizvod podiže kvalitetu i razinu sigurnosti građevine. S druge strane u transportno teže dostupnim područjima upitna je ekonomska isplativost montažne gradnje.

U suvremenom građevinarstvu montažni betonski elementi gotovo su nezamjenjivi u nekim područjima građenja poput mostogradnje ili građenja velikih kompleksa kao što su trgovački centri, tvornice ili sportski objekti. Osim toga, montažni elementi svoju upotrebu nalaze i kod gradnje stambenih objekata te prometne infrastrukture.

9. POPIS LITERATURE

- [1]...Radić, J. i suradnici (2006). Betonske konstrukcije - priručnik. Zagreb, Hrvatska sveučilišna naklada.
- [2]...<http://www.gradimo.hr/clanak/povjest-betona/37675> (03.08.2017.)
- [3]...<http://www.grad.hr/gukov/pdf/predavanja-beton.pdf> (03.08.2017.)
- [4]...Behaim, B. (2010). Armirani beton. 2. izd. Zagreb, Ars nova
- [5]...Antolić, I. (1986). Betonske konstrukcije. 3. izd. Zagreb, Školska knjiga
- [6]...http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H11.php?id_tema=1 (03.08.2017.)
- [7]...<https://www.google.hr/maps/search/sirobuja/@43.509742,16.499162,287m/data=!> (03.08.2017.)
- [8]...<http://www.armirac.hr/> (03.08.2017)
- [9]...<https://burza.com.hr/portal/koje-sve-djelatnosti-mogu-obavljati-kao-vkv-tesar/9663> (03.08.2017.)
- [10]...<http://www.laser-ing.hr/usluge/rezanje-metala/lasersko-rezanje-metala/> (04.08.2017.)
- [11]...<http://www.laser-ing.hr/blog/lasersko-rezanje-prednosti-i-karakteristike/> (04.08.2017)
- [12]...Samardžić, I. (2012). Termini i definicije kod zavarivanja. Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavonskom brodu
- [13]...<https://cackalo.hr/oglas/strojevi-i-alati-za-obrađu-metala,959/aparat-za-zavarivanje-mig-mag,63294> (04.08.2017.)
- [14]...<http://www.web-trgovina.profi-al.hr/bosch-gws-8-115-kutna-brusilica/00113> (04.08.2017.)
- [15]...http://www.lorencic.hr/gravinske-kruzne-pile_M03-5_3.htm (04.08.2017.)
- [16]...<http://www.njuskalo.hr/alati-obrađa-drva/potezna-pila-stucer-dewalt-oglas-20141960> (04.08.2017.)

- [17]...<http://www.intekst.ru/vibrotumbyi-vibrostroyi/vibrostroy-dlja-zhbi.html>
(05.08.2017.)
- [18]...<http://www.tehnopan.com/w/transport-medija/vibro-motori/> (05.08.2017.)
- [19]...<https://spb.com.hr/mosne-dizalice.php> (07.08.2017.)
- [20]...Izrada autora, Mosna dizalica (01.08.2017.)
- [21]...Izrada autora, Toranjska ditalica (01.08.2017.)
- [22]...Izrada autora, Toranjska autodizalica (01.08.2017.)
- [23]...Izrada autora, Izrada oplate nosača za grede (01.08.2017.)
- [24]...Izrada autora, Tvornica betona (01.08.2017.)
- [25]...<http://www.gramak.com/automikseri.html> (05.08.2017.)
- [26]...http://www.grad.hr/gadaf/exp/exp_sve.htm (05.08.2017.)
- [27]...<http://www.holcim.hr/proizvodi-i-usluge/transportni-betoni/uradi-sam/tehnike-zastite-betona.html> (05.08.2017.)
- [28]...Izrada autora, Kamion s prikolicom za dugačke terete (01.08.2017.)
- [29]...Izrada autora, Čelična kuglica na betonskom elementu (01.08.2017.)
- [30]...Izradio autor, Priprema kalupa za sekundarne krovne nosače (01.08.2017.)
- [31]...<http://www.agpowertools.hr/index.php?stran=kategorija&id=8> (03.08.2017)
- [32]...Izrada autora, primjer označavanja finalnog proizvoda (01.08.2017.)
- [33]...Izrada autora, Shematski prikaz tvornice betonskih elemenata (07.09.2017.)
- [34]...Izrada autora, Tehnološka shema proizvodnje betonskih elemenata (09.09.2017.)